

# Etapp II: Virtuellt Produktions Planering

- med hjälp av BIM och visualisering.



1 - Welcome screen



2.1 - Project Selection



2.2 - Floor Selection



2.3 - Zone Selection



2.4 - Zone Overview



2.5 - Unplanned Zone



2.6 - Task Planning



3.1 - Unplanned Zone



3.2 - Schedule overview

**Mattias Roupé, Mikael Viklund Tallgren, Mikael Johansson**

**2018-08-15**

# FÖRORD

Denna rapport presenterar resultatet från en genomförd tekniska licentiatstudie som undersöker möjligheten med en ny planerings metodik dvs. Virtuellt Produktions Planering.

Detta projektet har genomförts av Mikael Viklund Tallgren vid Chalmers tekniska Högskola avdelning för Construction Management under ledning av Professor Petra Bosch, Universitet Lektor Mattias Roupé samt Forskningsingenjör Dr. Mikael Johansson. Projektledare har Mattias Roupé varit.

Ett varmt tack riktas till de nätverk, organisationer och individer som bidragit till genomförandet av förstudien som lett till denna rapport.

- *Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond* (SBUF) har finansierat förstudien och tekniska licentiat projektet.
- *Centrum för Management i Byggsektorn* (CMB) som har finansierat förstudien
- *FoU-Väst* utskott inom Sveriges Byggindustrier och BIM Management-gruppen inom CMB för stöttning, diskussioner under projektet.
- Medverkande företag var Peab, NCC, Skanska BESAB, Tyréns AB, AF Bygg.
- Stort tack till referensgruppens medlemmar för bra diskussioner och **erfarenheter**: Roger Andersson, Peab; Andreas Furenberg, Peab; Janni Tjell, NCC; Kajsa Simu, NCC; Mats Nordell, Skanska; Linnéa Wallrim, Skanska; Per-Arne Pennings, AF Bygg; Niklas Gustafsson, BESAB; Sara Beltrami, Tyréns AB; Pär Åhman, Sveriges Byggindustrier
- Alla företag och personer som har medverkat i intervjuer och tester av de framtagna prototyperna.

Göteborg, Augusti, 2018

Mattias Roupé

# SAMMANFATTNING

Denna rapport presenterar resultatet från en genomförd FoU-projekt och forskningsstudier (teknisk licentiat) som undersöker möjligheten med att en ny planeringsmetodik dvs. Virtuell Produktions Planering (VPP). Planeringsmetodik utgår från en existerande strukturplaneringsworkshop process. Avsikten med planeringsmetodiken är att få olika delaktiga aktörer i projektet att samarbeta och utnyttja varandras kunskap och erfarenheter genom att gemensamt virtuellt bygga och planera produktionen av byggobjektet innan det verkställs i verklig produktion. VPP utnyttjar 3D-visualisering och BIM-modellen och dess information under denna process.

Arbetsordningen för denna planeringsprocess är följande:

- BIM-modellen och dess komponenter från projektering grupperas efter yrkesgrupper dvs. vem som har ansvaret att installera/bygga dessa under byggproduktionen.
- De olika ansvariga yrkesgrupperna får sina tilldelade komponenter som de tid- och resurssätter.
- Modellen och dess komponenter planeras och byggs sedan ihop digitalt i rätt ordning gemensamt av de olika involverade yrkesgrupperna och resultatet är en tidplan som kan visualiseras i 4D.

Studien i denna rapport visar att det finns stora möjligheter till en effektivare planeringsprocess med VPP. VPP-systemet som tagits fram i studien har visat att det är tekniskt möjligt att implementera ett VPP-system. Vidare visade observationsstudien från fyra strukturplaneringsworkshopar på utvecklingspotential av den befintliga processen.

Observationsstudien visade även att denna typ av workshop ger bättre:

- granskning och identifiering av felkällor i projekteringen
- testning och granskning av byggbarhet av projektet
- sammanförande av kunskap och erfarenheter från projektering och produktion
- laganda och Team-building för projektet
- gemensam målbild och målplan

I slutändan skulle VPP med största sannolikhet tillföra ökad tillförlitlighet och effektivitet i produktionen.

Se även filmerna nedan mer information:

**Film som introducerar och presenterar VPP-konceptet:** <https://www.youtube.com/watch?v=zfixLxeNJg4>

**Film visar hur VPP-systemet fungerar idag:** [https://www.youtube.com/watch?v=xeA6qS\\_0BNY](https://www.youtube.com/watch?v=xeA6qS_0BNY)

# SUMMARY

This report presents the results of a research study that examines the possibility of a new planning methodology, Virtual Production Planning (VPP). The purpose of the planning methodology is to get the different actors involved in the project to collaborate and leverage each other's knowledge and experiences. This is done by constructing and planning the production with a virtual build before enforcing it in real production. VPP utilizes 3D visualization and BIM during this process.

The basic designs of this planning process are as follow:

- The BIM model and its components from the detail-design are grouped by profession, i.e. who is responsible to install / build the component during construction.
- The various responsible professions will receive their allocated components, which they apply construction resources upon.
- The different professional groups involved, then jointly build up the virtual model and its components in the right order and the result is a time schedule in 4D.

This study reports that there are great opportunities for a more efficient planning process with VPP. The developed prototype during this study have shown that it is technically possible to implement a VPP-system. Furthermore, observational study from a collaborative-planning workshop has shown development potential of the existing planning process.

The observation study also showed that this type of workshop environment provides better:

- Review and identification of error sources in the detail-design
- Testing and examination of the constructability of the project
- Sharing of knowledge and experience between the design and production
- Teamwork and team-building for Project
- Common vision and target plan

In the end, VPP will most likely bring increased reliability and efficiency in production.



# INNEHÅLL

<b>1.</b>	<b>INTRODUKTION OCH BAKGRUND .....</b>	<b>6</b>
1.1.	BYGGNADS INFORMATIONS MODELLER.....	6
1.2.	PLANERING .....	7
1.3.	STRUKTURPLANERINGSWORKSHOP I DAG .....	8
<b>2.</b>	<b>SYFTE OCH MÅL .....</b>	<b>11</b>
<b>3.</b>	<b>GENOMFÖRANDE .....</b>	<b>11</b>
<b>4.</b>	<b>RESULTAT: FALLSTUDIER .....</b>	<b>12</b>
<b>5.</b>	<b>RESULTAT: UTVECKLINGEN AV VPP-SYSTEMET .....</b>	<b>14</b>
<b>6.</b>	<b>SLUTSATSER.....</b>	<b>25</b>
<b>7.</b>	<b>FRAMTIDA ARBETE .....</b>	<b>26</b>
<b>8.</b>	<b>REFERENSER .....</b>	<b>27</b>

# 1. INTRODUKTION OCH BAKGRUND

Här ges en introduktion till viktiga begrepp för detta forskningsstudie. Initialt beskrivs BIM med fokus på användandet av information och hur modellen kan tillämpas i planering. Därefter följer en kort genomgång av planeringsprocessen och Strukturplaneringsworkshop-metodiken i dagsläget.

## 1.1. Byggnads Informations Modeller

Byggindustrin befinner sig i ett tidigt skede av en historisk förändring i hur projektering utförs i byggprocessen. Från att ha varit en bransch där mer eller mindre allt informationsutbyte baserades på ritningar och beskrivningar ser vi nu hur digitala modeller, Building Information Models (BIM), kan representera ett objekt från skiss till förvaltningsstadiet. BIM-modeller innehåller inte bara information om byggnadens geometri utan kan också innehålla information om kostnader för byggnadsdelar, enhetstider för nödvändig arbetstid för själva byggandet, information om material, ingående delars koppling till varandra med mera. En BIM-modell är en stor databas där ritningar och visualisering av 3D-modellen bara är ett sätt att presentera delar av informationen som den innehåller. Dock tillför införandet av BIM att branschen måste utveckla nya metoder för styrning och ledning av projekt, samt nya arbetsformer för att nyttan skall bli fulländad. Tillgången på BIM-modeller möjliggör inte enbart en mer effektiv projektering utan också helt andra typer av informations- och diskussionsunderlag som kan användas i produktionsplanering.

Genom att använda BIM-modellen som bas för att koppla på tidplanen möjliggör detta att man kan simulera och analysera den tänkta produktionsplanen (Waly & Thabet, 2003). Det blir alltså möjligt att plocka isär och bygga upp byggnaden rent visuellt enligt det schema och de byggklossar/byggnadsdelar man använt. Förutsättningarna för att göra detta möjligt är att både modell och tidplan är ungefär likvärdigt detaljerade. Vidare översvämmas byggarbetsplatser med ritningar, information och andra handlingar. Den som skall planera dränks av detta informationsflöde vilket gör det än viktigare att kunna filtrera ut den information som är viktigt i just det specifika fallet.

Här anses 3D-modellen och mer specifikt BIM-modellen kunna hjälpa till genom att underlätta detta arbete (Bühmann-Slorup & Andersson, 2010; Johansen & Wilson, 2006; Waly & Thabet, 2003). Vidare kan användandet av BIM-modeller överbrygga och minska skillnaden mellan huvudtidplaner skapade innan produktionen och mer detaljerade produktionstidplaner. Detta genom att informationen i modellerna bygger på data direkt från byggklossarna/byggnadsdelarna i modellen och på så vis förser tidplanen med direkt och aktuell information, för att detta skall bli möjligt fullt ut krävs nya verktyg (Bühmann-Slorup & Andersson, 2010). Viktigt här är att se modellen som en källa till tidplanen, så att inte tidplanen utvecklas vid sidan av och sedan ”klistras in” på byggklossarna.

## 1.2. Planering

Planering i byggprocessen sker i flera steg, men fokus i denna studien är produktionsplanering. I regel sker en hel del av planeringsarbetet i byggstarten, genom att en byggtreprenör skapar en initial strukturtidplan som ligger till grund för en mer detaljerad produktionstidplan. Beroende på projektets omfattning krävs olika mängd planering (Nordstrand, 2010). I vissa projekt inleds vissa delar av planeringen av platschefen redan innan denne flyttar ut till arbetsplatsen (Christiansen, 2012). Tidsbrist gör dock att planeringen av projektet kan bli lidande och begränsar tid för att lära känna projektet. En möjlighet för att råda bot på detta problem är att avsätta särskild tid för att lära känna och planera projektet (Winch & Kelsey, 2005). Ett sätt är att lära känna och planera projektet är att inleds planeringen genom en workshop där underentreprenörerna/yrkesgrupperna själva är med och planerar sina respektive aktiviteter vilket beskrivs noggrannare under rubriken *strukturplaneringsworkshop i idag* nedan. Mycket av den traditionella planeringen på byggarbetsplatser idag sker genom t.ex. blocktekniks-metoden, vilken ofta redovisas i form av så kallade Gantt-scheman (Friblick & Olsson, 2009).

Problemet med denna Gantt-scheman är att med ökande komplexitet av projektet så blir kopplingarna mellan aktiviteter mer komplexa och planerna blir fort svåröverskådliga, vilket även gör dem svåra att uppdatera (Friblick & Olsson, 2009; Winch, 2010). Detta gör att traditionella planeringsmetoder blir stelbenta och svårföränderliga. De kan därmed anses som sämre lämpade för en industri där ändringar och osäkerhet hör till vardagen (Christiansen, 2012). Planeringen är komplex, delvis på grund av ökad komplexitet i projektorganisationen och delvis på grund av den stora tillgången och mängden av tillgänglig information som måste bearbetas (Dvir et al., 2003; Friblick & Olsson, 2009; Christiansen, 2012). Den ökande komplexiteten medför också att det finns ett ökat behov av att samverka mellan yrkesgrupper och få en förståelse hur de olika yrkesgrupperna påverkar varandra (Dvir et al., 2003; Eastman et al., 2011). Komplexiteten ökar därför behovet av att kommunicera mellan yrkesgrupper och medför att visualiseringar blir viktigt, både för planer, ritningar, beskrivningar och 3D-modeller (Bhatla & Leite, 2012; Dvir et al., 2003).

Sedan den slutet av 1990-talet har flertalet alternativa planeringsmetoder blivit populära, exempel på dessa är Last Planner och Lägesbaserad planering (Ballard & Howell, 2003, Kenley & Seppänen, 2009). Ett sätt för att minska komplexiteten är att bryta ner projektet i mer hanterbara delar så som mindre platser/lägen eller zoner dvs. lägesbaserad planering (Kenley & Seppänen, 2009). Last planner är en annan metod där planen byggs upp av milstolpar där utgångspunkten är färdigställandedatum och samband byggs upp bakåt, genom att identifiera milstolpar som måste vara klara för att komma vidare. Den mer detaljerade planeringen sker så nära utförande som möjligt, på detta sätt får man en tidplan som bygger på Lean-termen "pull", det vill säga att ingen ny aktivitet påbörjas förrän alla förutsättningar för att köra igång den är på plats, samt föregående aktiviteter är avslutade (Ballard, 2000, Ballard & Howell, 2003; Winch, 2010). Genom att använda denna teknik går det att skapa en större flexibilitet genom att detaljplanering av aktiviteten sker av de som ansvarar för arbetet och utförs först när alla



förutsättningar för att göra aktiviteten finns.

I dagsläget finns det ett antal mjukvaror som fokuserar på hur man tekniskt kan utnyttja BIM och dess information för att åstadkomma effektivare kalkylering, mängdning av byggprojektet. Vissa mjukvaror har även stöd för att koppla mängdningen och kalkylen till produktionsplanering och därigenom ge möjligheten att simulera/visualisera tidplanen för byggprojekt (4D-, 5D-simulering). 4D-simuleringar har visat sig vara ett bra kommunikationsverktyg, en nackdel med dessa programvaror är dock att de är uppbyggda på idén att en individ/planerare manuellt kopplar ihop redan befintlig tidplan med 3D-modellen (Zhou et al, 2011).

Det ovan nämnda arbetssättet utgår från hur den befintliga planeringsprocessen ser ut idag och inbjuder inte till formandet av nya arbetssätt och metoder där man involverar människor med olika kunskap och erfarenhet från byggproduktion, dvs. att de som faktisk skall utföra arbetet i slutändan är med och planerar. Detta resulterar till att det gemensamma ägandet och målbilden av produktionsplaneringen faller bort, men man förlorar också chansen att ta del av övriga inblandade aktörers erfarenhet, kunskap och inflytande på tidplanen, vilket ger att fel och problem byggs in i tidplanen (Büchmann-Slorup and Andersson, 2010).

### **1.3. Strukturplaneringsworkshop i dag**

Planeringsmetoden som beskrivs i denna studie är delvis en utveckling av Visuellt planering som introducerades i Sverige av Dalman (2005). Metoden har inspirerats av Lean och Last planner-metodiken (Ballard & Howell, 2003), där man utnyttjar människor med olika yrkeskompetens och erfarenheter för att skapa en gemensam målbild och ägande av projektet.

Målet med strukturplaneringsworkshopen är att få med alla yrkesgrupperna i planeringen och på så sätt få en bättre tidplan som är förankrad i processen. Därför är det viktigt att rätt människor är med dvs. yrkesgrupperna rör, el, ventilation, sprinkler och bygg, där bygg representerar traditionella byggarbeten såsom gipsväggar, matt-läggning och målning. Yrkesgrupperna kan representeras av lagbas eller ledande montör samt projektledaren och projekteringsledaren.

Arbetet kring strukturplaneringsworkshopen inleds med att projektledningen bearbetar objektet/huset och bryter ner det i lägen/zoner<sup>1</sup>. På så sätt blir överskådligheten av planeringsuppgiften bättre, detta medför att projektet i slutändan består av ett antal zoner där exempel på zonindelning kan vara ett våningsplan. Zonernas antal och storlek beror på komplexiteten på projektet men också av husets fysiska utformning, i stora byggnader eller byggnader med varierande komplexitet kan delar av ett plan utgöra flera zoner. För varje zon i byggnaden görs en strukturplan med hjälp av post-it lappar där sambanden mellan aktiviteterna

---

<sup>1</sup> Efterföljande text kommer använda zon för att underlätta för läsaren.

åskådliggörs. När planeringen av alla zoner är klar kopplas dessa samman till en stor tidplan över projektet.

I dagsläget används en 3D-modell för att visualisera för deltagarna hur zonen ser ut. 3D-modellen kommer från projekteringen och bäst resultat erhålls om 3D-modellen har status ”granskningshandling”. Detta då det oftast under mötet identifieras brister och förbättringsförslag från de olika yrkesgrupperna. En fördel är om navigeringen i modellen görs av projekteringsledaren för då kan denna svara på frågor direkt eller ta med sig dessa till projekteringen.

Mötet börjar med att gruppen gemensamt visas runt i en zon som ska behandlas i 3D-modellen, detta för att få en gemensam bild av den aktuella zonen. Därefter delas yrkesgrupperna upp och skapar de aktiviteter som skall utföras av dem i det specifika läget. Aktiviteterna symboliseras på post-it lappar och informationen som ska framgå är:

1. Läget
2. Aktivitetsnamn
3. Varaktighet i dagar
4. Resursbehov (antal personer/maskiner)

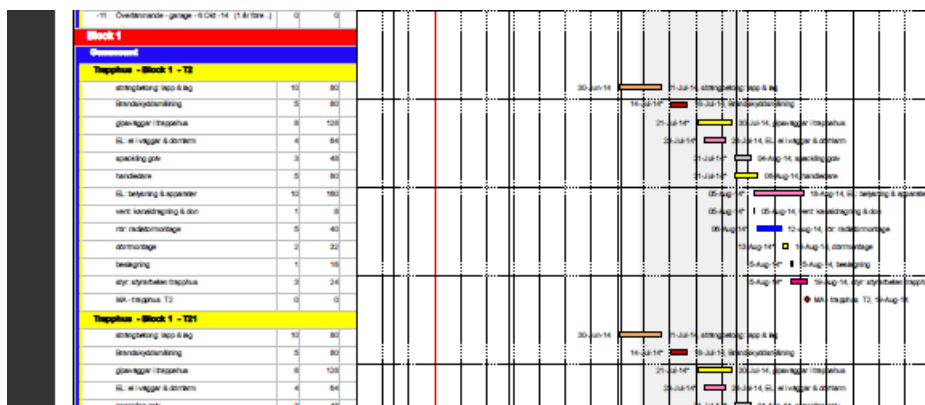
De olika yrkesgruppernas aktiviteter färgkodas genom att varje yrkesgrupp har en specifik färg på post-it lappen. Detta gör det lättare att visuellt tolka och förstå samband mellan olika aktiviteter och yrkesgrupper under planeringsövningen. När yrkesgrupperna återsamlas, börjar planeringsövningen med ett vitt papper. En workshopledare frågar efter aktiviteten som ska starta och den ansvarige för denna aktiviteten sätter upp den post-it lappen på pappret, därefter repeteras detta och aktiviteterna sätts upp i den arbetsordning som de ledande montörerna bestämmer. Sambanden åskådliggörs med kopplingspilar som följer samma logik som blocktekniksmetoden inom planering. När alla aktiviteterna är uppe så är denna zon klar, och nästa zon går igenom och planeras på samma sätt.

Resultatet efter workshopen är att gruppen har skapat en strukturplan, vilket ligger till grund för vad som matas in i planeringsprogrammet, se figur 1.



Figur 1. Strukturplan som är resultatet efter strukturplansworkshopen. Olika färgerna på post-it lapparna används för att färgkoda olika yrkesgruppernas aktiviteter.

När strukturen är inmatad i ett planeringsprogram så är tidplanen skapad (se figur 2). Fördelen med denna typ av workshop är att slutresultatet, dvs. tidplanen redan är förankrad hos de som skall utföra jobbet, därigenom undviks det svåraste steget traditionellt sett, nämligen att sälja in tidplanen till de som skall realisera den.



Figur 2. Strukturplanen inmatad i ett planeringsprogram.

## 2. SYFTE OCH MÅL

Det övergripande målet med denna studien har varit att utnyttja 3D-visualisering och BIM för att utveckla och förstärka en arbetsmetod för att planera byggproduktion. Den föreslagna planeringsmetoden, Virtuellt Produktions Planering, bygger på att de olika aktörerna i ett projekt gemensamt virtuellt bygger och planerar produktionen av byggnaden/byggobjektet innan planen tillämpas i verkligheten. Detta för att åstadkomma en bättre planering och i slutändan ett mer effektivt byggande. Syftet med studien är att synliggöra möjligheter och svårigheter med att implementera Virtuellt Produktions Planering i praktiken. I detta arbetet har den befintlig planeringsprocessen med strukturplaneringsworkshopar studerats och dokumenterats. I projektet har focus varit att knyta samman människorna, tekniken och processerna och att förbättra och stödja människornas arbete med planering i den befintliga processen med hjälp av digitalisering och BIM.

Målet är att denna första del av forskningsarbetet (teknisk licentiat), skall ligga till grund för en vidare studie där fokus kommer att ligga på implementering och utvärdering av VPP-systemet och den föreslagna planeringsmetodiken.

## 3. GENOMFÖRANDE

För att kartlägga möjligheten med VPP-metodiken har en litteraturstudie samt två fallstudier gjorts på Peab och Tuve bygg. I samband med fallstudierna har observationer under fyra strukturplaneringsworkshop gjorts. Utöver detta har sju intervjuer gjorts för att förstå planeringsprocessen och informationsbehovet hos yrkesgrupperna. Sammanfattningsvis har följande genomförts i samband med fallstudierna:

***Fyra olika strukturplaneringsworkshopar har observerats (½-1 dagar långa).***

- Två strukturplaneringsworkshopar med 14 deltagare
- Två strukturplaneringsworkshopar med 16 deltagare

7 intervjuer med ledande montörer / yrkesarbetare (30–45 minuter långa)

Det utvecklade VPP-systemet och de tekniskt relaterade frågeställningarna har validerats med hjälp av utvärderingsworkshopar där användare har testat och utvärderat. ***Totalt har 3 användarworkshopar genomförts.*** VPP-systemet har undersökts och testats med hjälp av modeller som har kommit från BIM-projekt i industrin. Utveckling av prototypen för VPP-systemet har skett parallellt under projektet.

Mer ingående resultat av forskningen redovisas i Teknisk licentiatuppsatsen: *Developing a collaborative planning tool for construction - A Building Information Model - enhanced planning and scheduling tool for production. Mikael Viklund Tallgren.*

[https://research.chalmers.se/publication/503888/file/503888\\_Fulltext.pdf](https://research.chalmers.se/publication/503888/file/503888_Fulltext.pdf)

## 4. RESULTAT: FALLSTUDIER

Som nämnts tidigare har detta forskningsprojekts focus varit att förbättra och stödja människorna i dess arbete med planering i den befintliga processen med hjälp av digitalisering och BIM. I detta kapitel presenteras resultatet från de två fallstudierna samt litteraturstudien som genomförts. Tanken med fallstudierna vara att samla observationer, kunskap och allmänna krav på hur planeringsmetoden skulle kunna vidareutvecklas.

Observationsstudierna visade att denna typ av strukturplaneringsworkshopar ger bättre:

- granskning och identifiering av felkällor i projekteringen
- testning och granskning av byggbarhet av projektet
- sammanförande av kunskap och erfarenheter från projektering och produktion
- utnyttjande av kunskap och erfarenheter (hantverkare och produktionsledning) byggbarhet/produktionsmetodik/planering
- laganda och team-building för projektet
- gemensam målbild och målplan

Strukturplaneringsworkshoparna ger deltagarna i projektet möjlighet att tillsammans finna tid att planera aktiviteterna tillsammans. Detta kan förtydligas med ett citat från specialistplaneraren som ansvarar för att hålla workshoparna:

*"... Även om alla aktörer i produktionen samlas en eller två gånger för en heldags workshop, spenderas ändå mindre tid på planering. Dessutom blir resultatet bättre med större noggrannhet på grund av att man sammanför och utnyttjar deltagarnas olika yrkeskompetens och erfarenheter..."* - Specialistplaneraren, Peab "

Här följer en kort sammanfattning av resultat från litteraturstudie och av tre observationsstudier av strukturplaneringsworkshopar som har givit de allmänna kraven för VPP-system för att stödja planeringsmetoden som beskrivs tidigare:

- **Systemet ska hjälpa användarna med att få en bättre förståelse för projektet och dess övriga deltagande yrkesgruppers ansvarsområden.** Visualisering av projekt och problem har nämnts i litteraturen som en viktig del för att förstå och lösa problem tillsammans (Bhatla & Leite, 2012; Dvir et al., 2003). Visualisering var också en av de viktigaste huvudpunkterna som hittades under observationsstudien. Då bättre visualisering skulle bidra till att underlätta kommunikation, förståelse och minska missförstånd och feltolkningar av ritningar etc. Från litteraturen visar det sig även att genom att bryta ner projektet till mindre lägesindelning/zoner bidrar det till att minska komplexiteten och möjliggöra en logisk uppdelning av projektet (Kenley & Seppänen, 2009). Observationsstudierna konfirmerade detta.

- **Systemet ska stödja och underlätta både individuellt och gemensamt arbete.** Strukturplaneringsworkshopar består av både individuellt och gemensamt arbete utförs, i olika steg. Det enskilda arbeten ger och skapar ägandeskap och engagemang hos deltagare (Dainty et al., 2002; Liker, 2005) och observationsstudien visade att grupparbete ger sammanförande av kunskap och erfarenheter, skapande av laganda och gemensam målbild. Det är därför viktigt att utveckla IT-verktyg som stödjer de befintliga arbetsflödet och processerna (Hartmann et al., 2012) och inte tvärtom.
- **Systemet bör utnyttja bättre informationshantering och digitalisering för att underlätta skapandet av aktiviteter.** Ett av de viktigaste momenten som användarna gör under Strukturplaneringsworkshopen är att skapa de enskilda yrkesgruppernas aktiviteter för projektet. Under detta moment behöver användaren leta och tolka ritningar och dokument för att göra sin uppskattning av aktivitetens varaktighet och resursbehov. VPP-systemet bör därför stödja användaren genom att information samlas in och görs tillgänglig på ett lättillgängligt sätt.
- **Systemet ska stödja och underlätta för användarna i samarbetet med skapandet av den gemensamma planeringen.** En annan av huvudaktiviteterna under workshopen är gemensamma planeringen av projektet. Här bör verktyget stödja användarna för att skapa en visuellt läsbar struktur av aktiviteter. Den nuvarande strukturplanen skapas med hjälp av post-it lappar och sambanden mellan aktiviteterna hand ritas. Resultatet behöver digitaliseras och föras in i en planeringsprogramvara efter workshopen. En digitalisering av detta moment av workshopen skulle kunna minska ledtiden mellan inmatning och granskning av planen, detta skulle också kunna medföra att planen kan spelas upp och granskas i 4D i slutet av workshopen.

## 5. RESULTAT: UTVECKLINGEN AV VPP-SYSTEMET

Ett av huvudresultatet av denna forskning är det framtagna *Virtuell Produktions Planering*-systemet, kallat VPP-systemet. VPP-systemet kan beskrivas som en webbapplikation som är till för att förbättra och underlätta den nuvarande planeringsmetoden, enligt kap 1.3. Tanken med VPP-systemet är att deltagarna gemensamt virtuellt bygger och planera produktionen av byggobjektet innan det verkställs i verklig produktion. VPP utnyttjar 3D-visualisering och BIM-modellen och dess information under denna process.

VPP-systemet är utvecklat för att fungera och stödja de tre huvuddelarna av planeringsmetodiken i samband strukturplaneringsworkshoparna.

Dessa tre huvuddelarna av planeringsprocesserna är:

- genomgången av lägena/zonerna som skall planeras
  - o genom att bryta ner projektet till mindre lägesindelning/zoner bidrar till att minska komplexiteten och möjliggöra en logisk uppdelning av projektet
  - o genomgång och visualisering av projektet bidra till att underlätta kommunikation, förståelse och minska missförstånd och feltolkningar av ritningar etc.
- skapandet av aktiviteter för de olika yrkesgrupperna
  - o BIM-modell och dess komponenter från projekteringen grupperas efter yrkesgrupper dvs. vem som har ansvaret att installera/bygga dessa under byggproduktionen.
  - o De olika ansvariga yrkesgrupperna får sina tilldelade komponenter som de tid- och resurssätter.
- gemensam planering av varje läge/zon för alla yrkesgrupper.
  - o Modellen och dess komponenter planeras och byggs sedan ihop i rätt ordning gemensamt av de olika involverade yrkesgrupperna och resultatet är en tidplan som visualiseras i 4D.

I figur 14 visas översiktliga bilder från VPP-systemets olika arbetsmoment och sekvenserna som användaren arbetar med, dessa förklaras i mer detalj nedan.

Se även filmerna nedan mer information:

**Film som introducerar och presenterar VPP-konceptet:** <https://www.youtube.com/watch?v=zfixLxeNJg4>

**Film visar hur VPP-systemet fungerar idag:** [https://www.youtube.com/watch?v=xeA6qS\\_0BNY](https://www.youtube.com/watch?v=xeA6qS_0BNY)





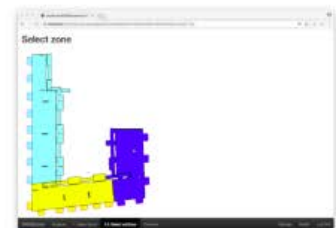
**1 - Welcome screen**



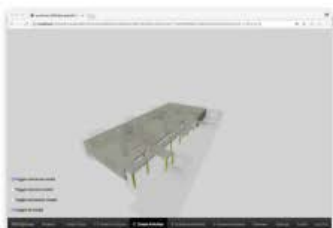
**2.1 - Project Selection**



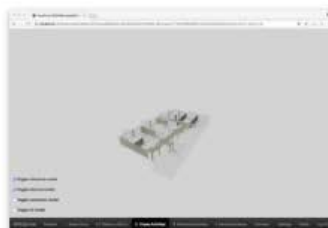
**2.2 - Floor Selection**



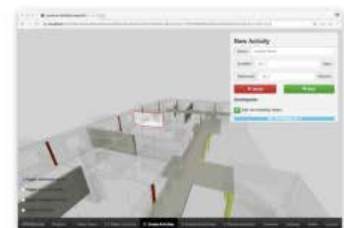
**2.3 - Zone Selection**



**2.4 - Zone Overview**



**2.5 - Unplanned Zone**



**2.6 - Task Planning**



**3.1 - Unplanned Zone**



**3.2 - Schedule overview**

*Figur 3: Översiktliga bilder från VPP-systemets olika arbetsmoment och sekvenserna.*

De initiala utvecklingskraven för VPP-systemets som presenteras nedan kommer från litteraturstudie och har förstärkt av observationsstudie av den befintliga processen när Strukturplaneringsworkshop har använts.

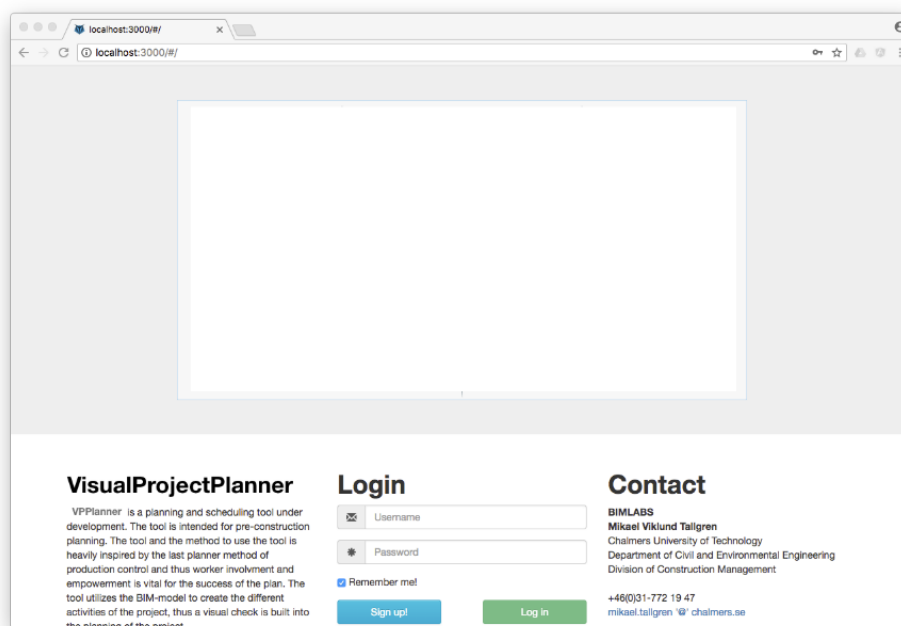


De fyra huvud utvecklingskraven som har använts var:

1. Systemet ska hjälpa användarna att få en överblick över projektet och de övriga deltagande yrkesgruppernas ansvarsområden.
2. Systemet ska stödja och underlätta både individuellt och gemensamt arbete.
3. Systemet bör utnyttja bättre informationshantering och digitalisering för att underlätta skapandet av aktiviteter.
4. Systemet ska stödja och underlätta för användarna i samarbetet med skapandet av den gemensamma planeringen.

Dessa fyra krav ovan utvidgades till funktionaliteter, eller funktioner som systemet skulle kunna uppfylla, vilket resulterade i VPP-systemet. Den främsta funktionaliteten var att använda och utnyttja BIM bättre än i den befintliga Strukturplaneringsworkshop metoden och därmed beslutades att basera systemet kring BIM-modellen. Dessutom behöver systemet vara enkelt för att nya användare skall kunna komma igång enkelt.

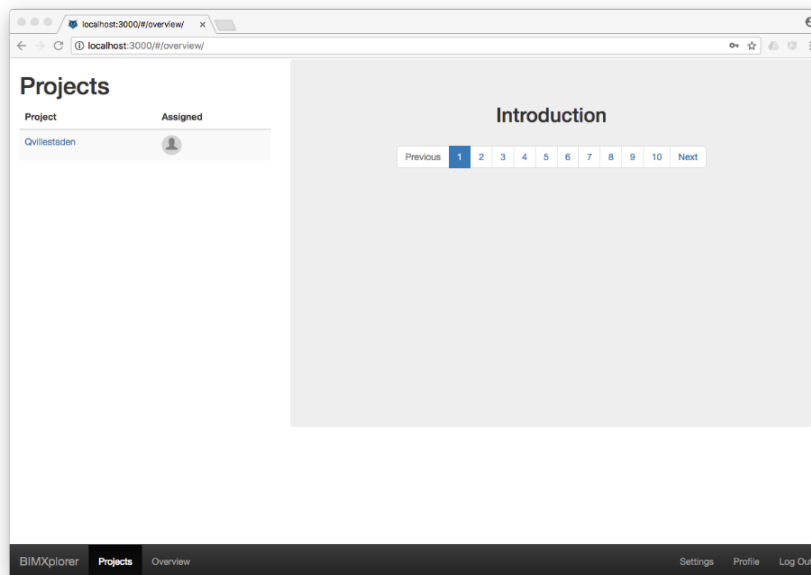
Följande avsnitt förklarar VPP-systemet och är utformat efter hur en VPP-workshop går till med dess olika arbetsmoment och sekvenser. Första vyn användaren möter är välkomstvy och login sidan, se Figur 4.



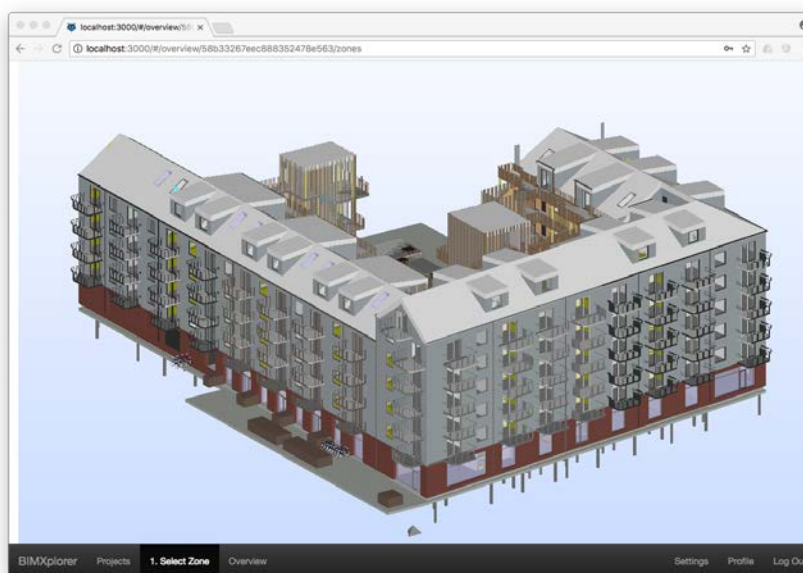
Figur 4. Välkomst och login sidan.

När användaren är inloggad kommer de till projektvals-vy och kan välja ett projekt som de skall jobba med. Denna vyn är företags- och yrkesgruppsspecifik och är knuten till användaren och således kommer endast projekt som användaren är en del av att vara synlig här, figur 5. På denna

sidan finns även en introduktion till verktyget genom att användaren kan välja att titta på en uppsättning korta instruktionsvideor och bilder. Från den här vyn väljer användaren projektet som de skall arbeta med.

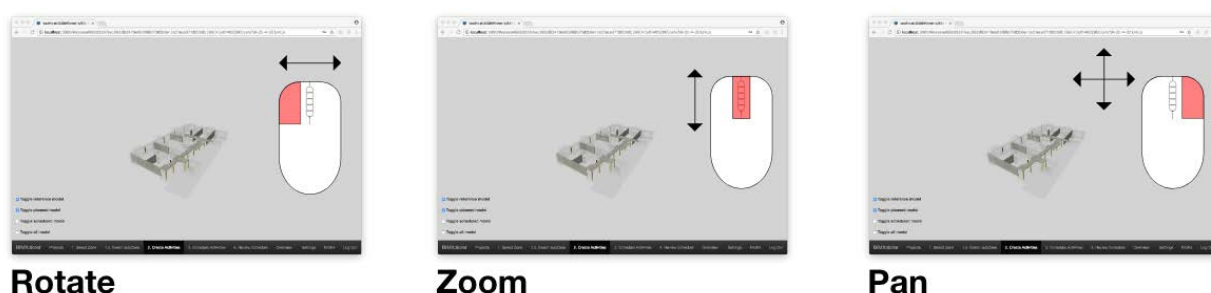


*Figur 5. Projektvals-vy som är företags- och yrkesgruppsspecifik och är knuten till användaren och endast projekt som användaren är med på visas i denna vyn. På sidan finns också en introduktion till verktygen genom korta instruktionsvideor och bilder. Från den här vyn väljer användaren projektet som de skall arbeta med.*



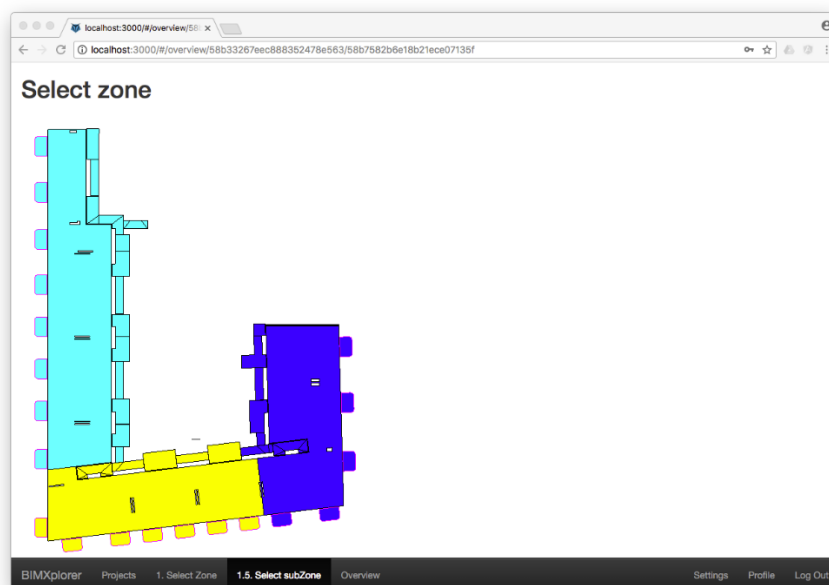
*Figur 6. Översikt och presentation av projektet.*

Nästa skärm-vy visar BIM-modellen som ger en översikt över det valda projektet, figur 6. Här kan användaren orientera sig och lära känna projektet. I den vyn kan användaren interagera och navigera med modellen med hjälp av datormusen. Användaren håller nere vänster knapp och rör muspekaren för att rotera vyn. Genom att klicka med vänster knappen kan användaren välja objekt som blir träffade. För att zooma in och ut används rullhjulet på musen och genom att klicka på höger knapp kan användaren panorera eller flytta scenen enligt Figur 7. Dessa interaktionsmetoder är väl etablerade i befintliga BIM och CAD-system som används i byggbranschen.



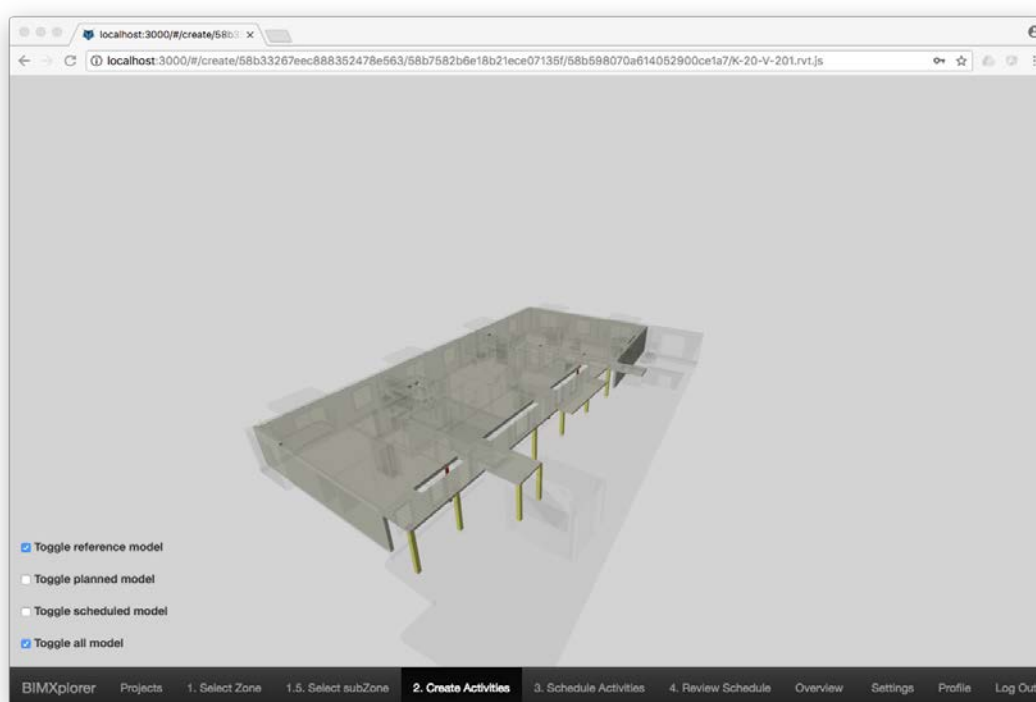
Figur 7. Bilden visar hur man interagera och navigera med BIM-modellen.

Den nuvarande VPP-systemprototypen är projektet med golv och zoner definierade som klickbara bildområden, men syftet är att göra dessa mer konfigurerbara i framtida versioner av systemet. Även tillverkande av zonindelningen är tänkt att vara mer interaktiv i framtidsversion.



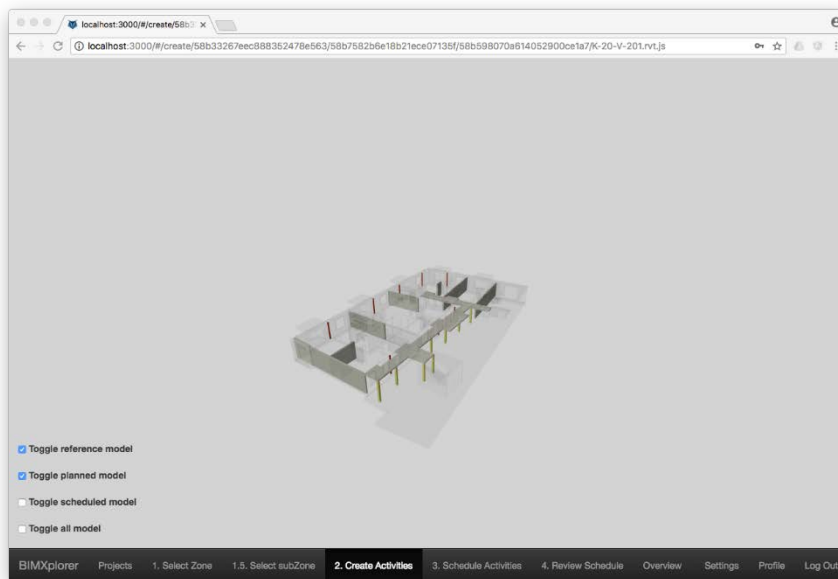
Figur 8. Bilden visar de olika zonerna för projektet. I denna vyn väljer användaren vilken zon de skall arbeta med och tända upp.

När en zon väljs, se figur 8, kommer en 3D-modell att laddas och visas, se figur 9. Modellen är filtrerad utifrån användarens aktiva yrkesgrupp och visar enbart de delar som tillhör den valda yrkesgruppen. De övriga yrkesgruppernas BIM-modellen finns i bakgrunden som transparenta för att underlätta orientering och som referens. Tanken med denna transparenta referensmodell är att denna ger bättre förståelse för vem den aktiva yrkesgruppernas byggnadsdelar samverkar med, se figur 9. Detta är särskilt viktigt för yrkesgrupper som el, VVS och sprinkler, som ofta delar installationsutrymme i modellen. Det är även denna vyn som används i nästa arbetsmoment då individuell tillverkning och planering av yrkesgruppsaktiviteter skall göras. I detta arbetsmoment skapar användarna aktiviteter från modellens byggnadsdelar.



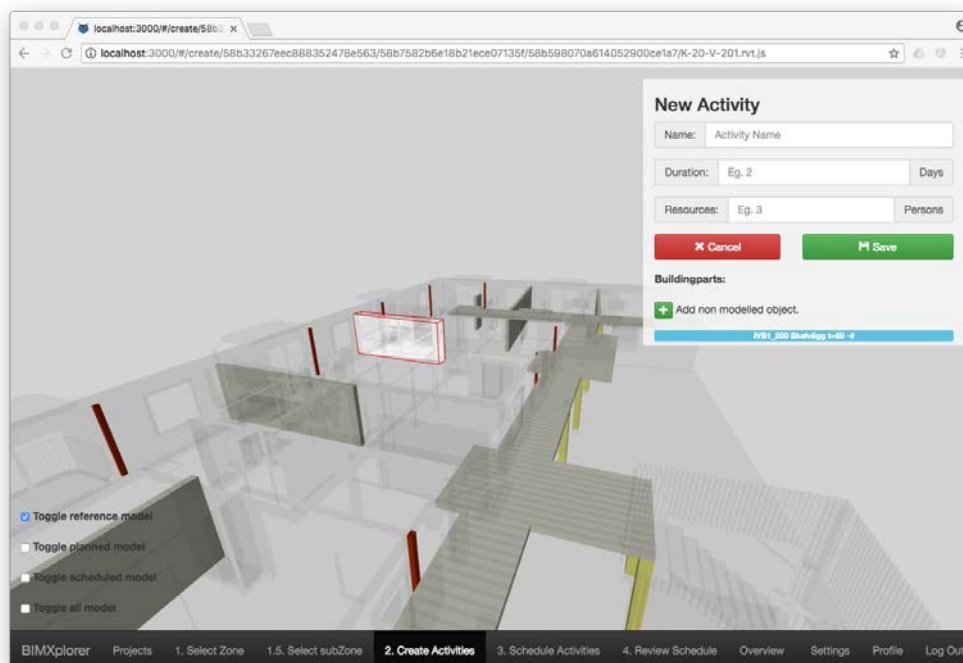
*Figur 9. Den initiala vyn som visar när zonen har valts. Modellen är filtrerad utifrån användarens aktiva yrkesgrupp och visar enbart de delar som tillhör den valda yrkesgruppen, resterande byggnadsdelar är transparenta.*

Till en början är alla byggnadsdelar synliga, så som i Figur 9, men allt eftersom användaren planerar byggnadsdelar så döljs de från vyn, Figur 10. Detta innebär att när alla aktiviteterna till byggnadsdelar är tillverkade och tids och resurssatta av användarens yrkesgrupp så är vyn tom.



*Figur 10. Allt eftersom aktiviteter tillverkas släcks byggnadsdelar som är planerade.*

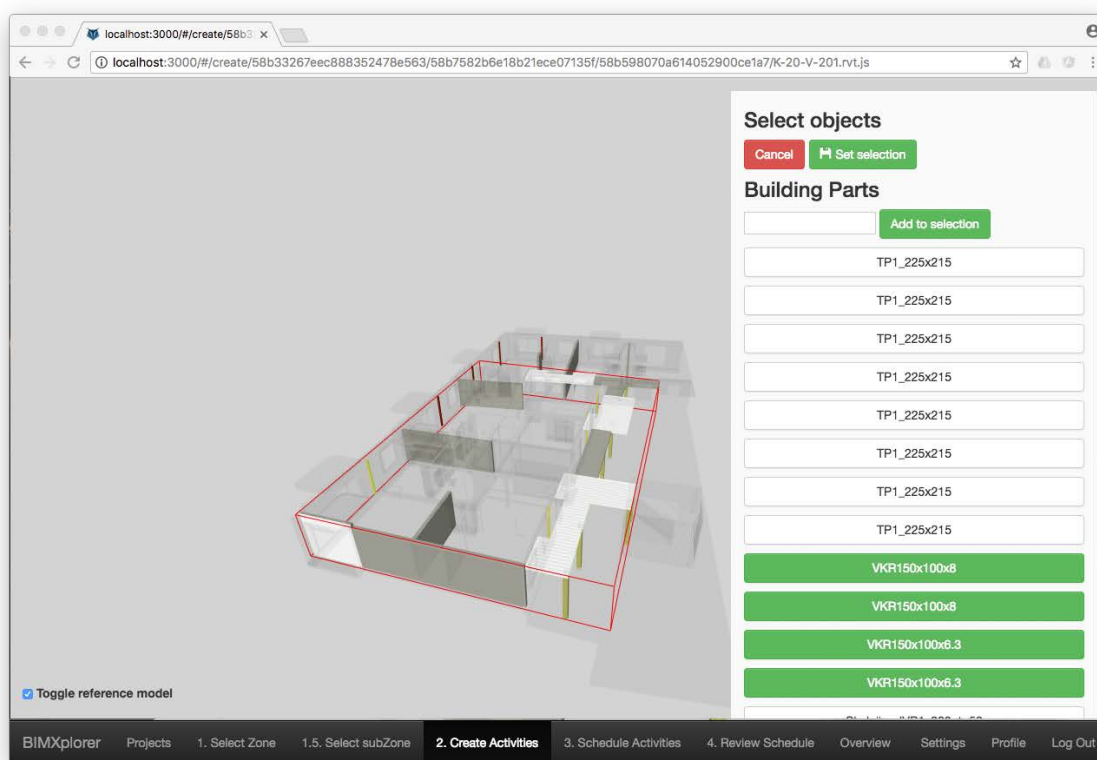
Själva tillverkningen och planerandet av aktiviteterna görs genom att välja de olika byggnadsdelar, (BIM-komponenter) som skall tillhöra aktiviteten. I samband med detta tänds en dialogruta upp där användaren fyller i aktivitetsnamn, varaktighet i dagar, resursbehov dvs. antal personer, se figur 11.



*Figur 1. Vyn som användaren skapar sina aktiviteter i.*

I samband med detta får även användaren BIM-information kopplat till de olika byggnadsdelar, (BIM-komponenter), så som namn, klassificering, typ, antal, mängder etc. Detta underlättar mängdningen och uppskattningen av aktivitetens varaktighet i tid och resursbehov.

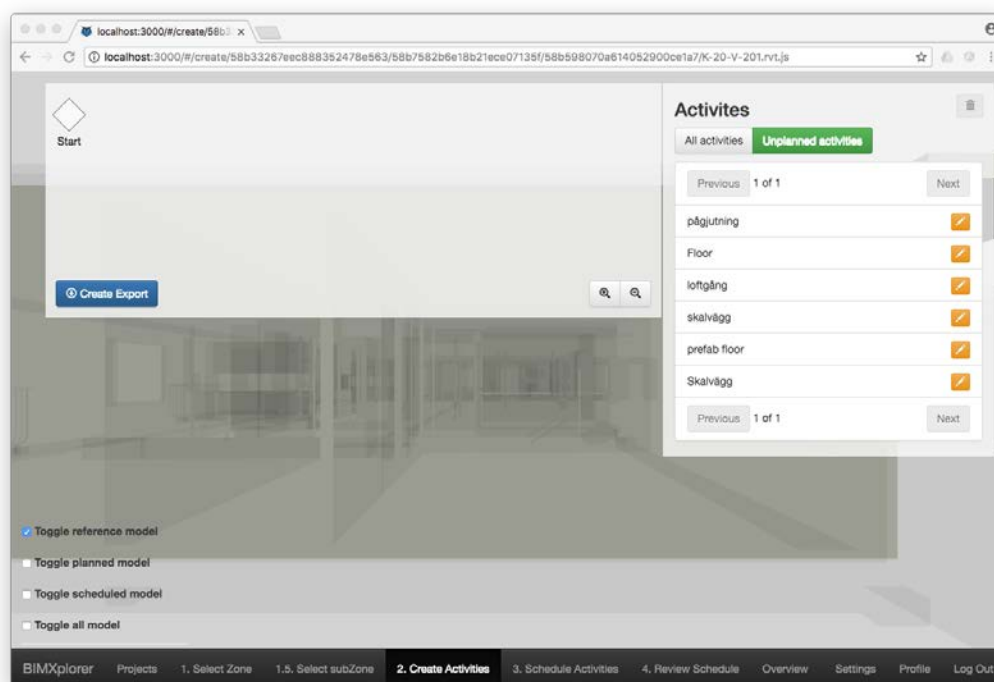
Under utvecklingen av VPP-systemet visade det sig att gruppering av byggnadsdelar till aktiviteter tog lång tid. Varje byggnadsdel var tvungen att väljas en och en, vilket var många komponenter när det gällde yrkesgrupperna VVS, sprinkler och el. Ett filter för att välja byggnadsdelar på ett effektivt sätt utvecklades. Denna filterfunktion går ut på att man väljer två byggnadsdelar och det skapas 3D-box utifrån dessa. Alla byggnadsdelar av samma typ som är inuti 3D-boxen blir valda (se gröna objekt i figur 12), men även andra typer föreslås. Det går även att filtrera och välja byggnadsdelar i 3D-boxen utifrån namn och typ på byggnadsdelarna, se figur 12. Utvecklingen av denna filterfunktion gjorde att tillverkningen av aktiviteter går mycket snabbare nu.



Figur 12. Filterfunktion för att enklare välja byggnadsdelar. Filterfunktionen går ut på att man väljer två byggnadsdelen och att det utifrån dessa skapas en 3D-box. Alla byggnadsdelar av samma typ som är inuti 3D-boxen blir valda (gröna objekt), men även andra typer föreslås och kan väljas. Det går även att filtrera och välja byggnadsdelar i 3D-boxen utifrån namn och typ på byggnadsdelarna.

Arbetsmetodik motsvaras av vad som görs analogt under de traditionella strukturplaneringsworkshoparna idag när man skapar aktiviteter med post-it-lappar. Dock möjliggör VPP-systemet lättare tillgänglighet till BIM-modellen och dess mängder och information. Användaren behöver dessutom inte leta och tolka ritningar och dokument för att göra sin uppskattning av aktivitetens varaktighet och resursbehov. När en aktivitet har sparats, göms de byggnadsdelar som tillhör aktiviteten. Detta underlättar för användaren då denna ser enkelt vilka byggnadsdelar som är kvar att planera. Vidare kan även BIM-referensmodellen tändas upp och släckas för att visuellt bekräfta att inga byggnadsdelar har missats eller saknas.

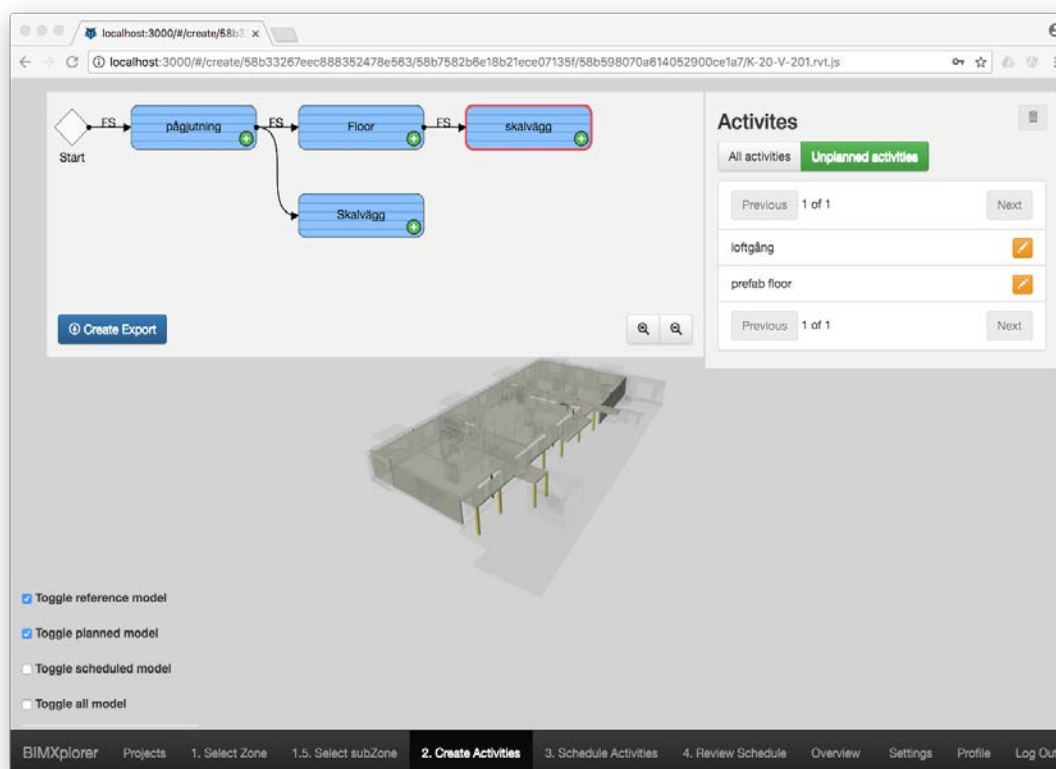
När alla byggnadsdelar och aktiviteter är planerade är yrkesgrupp-vyn tom, se figur 12. Det enskilda arbetet är nu färdigt och det är dags att planera projektet tillsammans över de olika yrkesgrupperna.



Figur 13. Planeringsvyn där varje yrkesgrupp ser sin lista över de aktiviteter de har planerat och skall inkludera i den gemensamma strukturplanen för projektet.

Deltagarna växlar till *planeringsvyn*, som ses i figur 13. Varje yrkesgrupp ser sin lista över de aktiviteter de har skapat och planerat och skall inkludera i den gemensamma strukturplanen för projektet. Denna vy är fortfarande knuten till zonen som skall planeras. Bortsett från denna lista över aktiviteter, ser användaren också modellen i bakgrunden samt en översikt över planeringen, som bara består av en start "milstolpe" innan planeringen startar, se figur 13. Från den här vyn kan användaren redigera och schemalägga aktiviteter i planen. Användaren kan också ändra listans layout för att visa endast oförplanerade aktiviteter, vilket är standardläget, eller att visa alla aktiviteter.

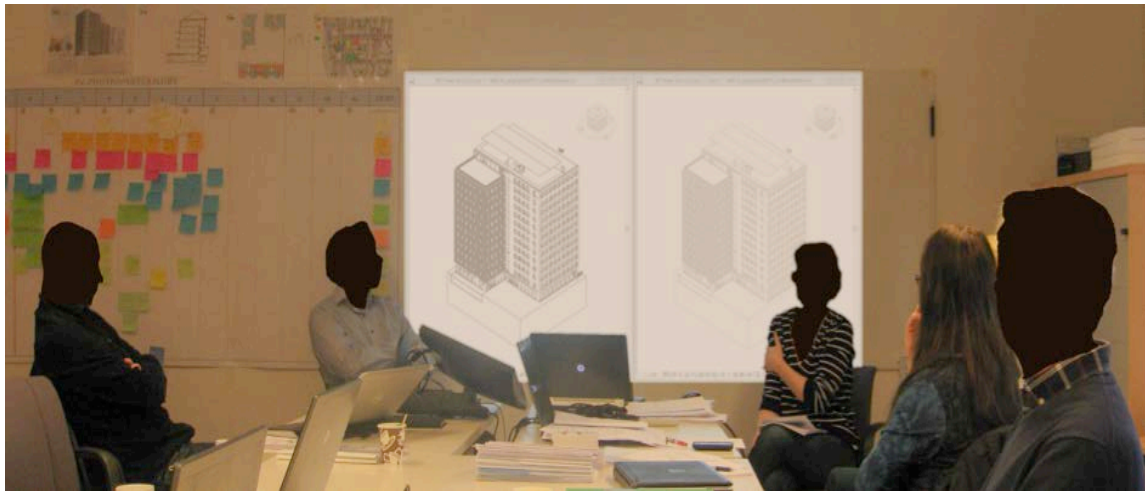
Planeringsworkshopsdelen av VPP-metodiken består av deltagarna diskuterar ordningen på deras respektive aktiviteter. Produktionsplanen skapas av användaren genom att välja, dra och släppa aktiviteter på föregåendesaktiviteter i produktionsplaneringsdelen av vyn, se figur 14. Användaren kan sedan lägga till ytterligare beroenden genom att koppla fler aktiviteter till samma aktivitet. Standard anslutningstyp är Finish-Start och kan ändras när kopplingen är ansluten till två aktiviteter. Den här sekvensen kan jämföras med vad som pågår under den traditionella strukturplaneringsworkshopen då användarna istället använder post-it lappar och ritar kopplingar med penna mellan aktiviteterna. I likhet med den traditionella strukturplaneringsworkshopen, används och visualiseras även här yrkesgruppernas aktiviteter efter olika färgkoder. Den senaste aktiviteten är markerad med en röd accent runt blocket, se figur 14.



*Figur 14. I Planeringssyn har alla yrkesgrupper sin specifika vy med bara sina aktiviteter synliga till höger. Produktionsplanen skapas tillsammans då användarna väljer, drar och släpper sina aktiviteter på föregåendes aktiviteter i produktionsplaneringsdelen av vyn.*

Planeringsöversiktssyn uppdateras och synkroniseras över samtliga användarnas skärmar. Som i tidigare vyer uppdateras modellen och byggnadsdelar som är planerade göms hos den enskilde användaren, men tänds upp på gruppens planeringsworkshopsvy på projektorn, se figur 15. När alla aktiviteter och byggnadsdelar för den enskilde användaren är planerade skall vyn vara tom.





*Figure 15. Exempel på hur vyn på storskärmen under workshopen ser ut. Allt eftersom planeringen tar form, döljs byggnadsdelar på den vänstra vyn när aktiviteten är planerad och visas och tänds upp i den högra vyn. När planeringen är klar kommer alla byggnadsdelar flyttas från den vänstra vyn till den högra vyn.*

Som nämnts visas denna del av workshopen även på en storskärm eller projektor, där BIM-modellen uppdateras allt eftersom projektet blir planerat. BIM-modellen visas på två skärmar, den vänstra vy visar den fullständiga byggnaden (BIM-modellen) och den högra vy som visar en helt genomskinlig byggnad, som framgår av Figur 15. Allt eftersom planeringen tar form, döljs byggnadsdelar på den vänstra vyn när respektive aktiviteter planeras och visas och tänds upp i den högra vyn. När planeringen är klar kommer alla byggnadsdelar flyttas från den vänstra vyn till den högra vyn. Således, kommer den vänstra vyn vara tom och den högra vyn kommer innehålla en fullständig byggnad (BIM-modell) när planeringen är klar. När planeringen är klar kan tidplanen exporteras ut till en planeringsprogramvara för vidare förfining av projektplaneraren. Tanken är också i framtiden att avsluta workshopen med att simulera och visualisering av tidplanen i 4D, dvs. att tidplanen spelas upp genom att byggnadsdelarna tänds upp efter hur de är tänkt att byggas.

## 6. SLUTSATSER

Denna studie har visat att det finns stora möjligheter till en effektivare planeringsprocess med *Virtuell Produktions Planering*. De framtagna prototyperna under projektet har visat att det är tekniskt möjligt att implementera ett VPP-system och utvärderingen av verktygen under utvärderingsworkshoparna har också visat positivt resultat. Vidare visade observationsstudien från strukturplaneringsworkshop på utvecklingspotential av den befintliga processen genom digitalisering och BIM.

Observationsstudien visade även att denna typ av workshop ger bättre:

- granskning och identifiering av felkällor i projekteringen
- testning och granskning av byggbarhet av projektet
- sammanförande av kunskap och erfarenheter från projektering och produktion
- utnyttjande av kunskap och erfarenheter (hantverkare och produktionsledning) byggbarhet/produktionsmetodik/planering
- laganda och team-building för projektet
- gemensam målbild och målplan

I slutändan skulle *Virtuell Produktions Planering* med största sannolikhet tillföra ökad effektivitet och produktivitet i byggproduktionen.

När det kommer till det akademiska resultatet och licentiatavhandlingen bidrar denna förhoppningsvis till diskussionen om hur utvecklingsprocessen av IT-verktyg i form av ett BIM-system skulle kunna utföras inom byggbranschen. I denna utveckling har ett sociotekniskt synsätt tillsammans med Design science används. Focus har varit att knyta samman människorna, tekniken och processerna och att förbättra och stödja människornas arbete med planering i den befintliga processen med hjälp av digitalisering och BIM. Ett annat bidrag är dokumenteringen och publicering om den befintliga strukturplaneringsworkshopsprocessen.

## 7. FRAMTIDA ARBETE

I framtida forskningsstudier och arbete skulle focus kunna vara på att knyta samman människorna, tekniken och processerna och att förbättra och stödja människorna med koppling till VPP-systemet med de befintliga processerna. Vidare skulle en fortsatt utveckling av VPP-systemet göras, testas och utvärderas i verkliga projekt och därigenom studera effekterna och det faktiska bidraget av systemet. Målsättningen med ett sådant arbete skulle vara att åstadkomma en bättre planering och i slutändan en mer effektiv och produktivare byggproduktion.

Framtida möjligheten att föra ut VPP-systemet ut på byggarbetsplatsen skulle också vara intressant. Några typer av användningsområden skulle kunna vara:

- Uppföljning och veckoplanering där varje yrkesgrupp uppdaterar status på aktiviteter via en VPP-app.
- Visa arbetsmoment/aktivitet visuellt i 4D och använda VR-glasögon tillsammans med VPP-systemet ute på byggarbetsplatsen för att öka förståelse av arbetsmomenten men också hur olika yrkesgrupp påverkar varandras arbetsmoment.
- Liknade VPP-system för anbudsskedet dvs. en central databas som delar ut byggnadsdelar/BIM-objekt för prissättning av aktiviteter och arbete.

## 8. REFERENSER

- BALLARD, G. & HOWELL, G. A. 2003. An update on Last Planner.
- BALLARD, H. G. 2000. The last planner system of production control. Birmingham, The University of Birmingham.
- BÜCHMANN-SLORUP, R. & ANDERSSON, N. 2010. BIM-based scheduling of Construction—A comparative analysis of prevailing and BIM-based scheduling processes. Proc., 27 th Int. Conf. of the CIB W78, 2010. 113-123.
- CHRISTIANSEN, F. 2012. The planning process at a construction site, Chalmers University of Technology.
- DAINTY, A. R. J., BRYMAN, A., & PRICE, A. D. F. 2002. Empowerment within the UK construction sector. Leadership & Organization Development Journal, 23(6), 333–342.
- DAHLMAN, C. 2005. *Visuell planering*, Projektrapport. Peab: Stockholm.
- DVIR, D., RAZ, T., & SHENHAR, A. J. 2003. An empirical analysis of the relationship between project planning and project success. International Journal of Project Management, 21(2), 89–95.
- EASTMAN, C., TEICHOLZ, P., SACKS, R., & LISTON, K. 2011. *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. John Wiley & Sons.
- FRIBLICK, F., & OLSSON, V. 2009. Planering i byggproduktion. Sveriges byggindustrier.
- HARTMANN, T., VAN MEERVELD, H., VOSSEBELD, N., & ADRIAANSE, A. 2012. Aligning building information model tools and construction management methods. Automation in Construction, 22, 605–613. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2011.12.011>
- JOHANSEN, E. & WILSON, B. 2006. Investigating first planning in construction. Construction Management and Economics, 24, 1305-1314.
- KENLEY, R., & SEPPÄNEN, O. 2009. Location-based management of construction projects: part of a new typology for project scheduling methodologies. In Winter Simulation Conference (pp. 2563–2570). Winter Simulation Conference.
- LIKER, J. K. 2005. The toyota way, 14 management Principles from the world's greatest manufacturer. Esensi.
- NORDSTRAND, U. 2008. 4:de upplagan, Byggprocessen, Stockholm, Liber.

- WALY, A. F. & THABET, W. Y. 2003. A virtual construction environment for preconstruction planning. *Automation in construction*, 12, 139-154.
- WINCH, G. M., & KELSEY, J. 2005. What do construction project planners do? *International Journal of Project Management*, 23(2), 141–149.
- WINCH, G. M. 2010. *Managing construction projects*, Wiley-Blackwell.
- ZHOU, W., GEORAKIS, P., HEESOM, D. & FENG, X. 2012. Model-Based Groupware Solution for Distributed Real-Time Collaborative 4D Planning through Teamwork, *Journal of Computing in Civil Engineering*, 26(5), 597-611.